

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11307806 A

(43) Date of publication of application: 05.11.99

(51) Int. Cl

H01L 31/10

G02B 6/42

(21) Application number: 10124101

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22) Date of filing: 17.04.98

(72) Inventor: MATSUDA KENICHI

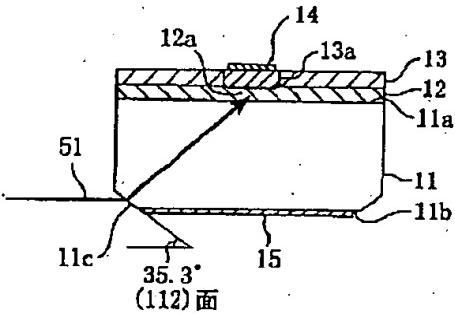
(54) PHOTODETECTOR AND ITS MANUFACTURE

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the size of a photodetector even when the photodetector is of a side incidence type.

SOLUTION: A lightly doped light absorbing layer 12 composed of n-type InGaAs and a lightly doped window layer 13 composed of n-type InP are successively formed on the first main surface 11a of a semiconductor substrate 11 composed of n-type InP. Then a negative electrode 14 is formed on the island-like p-type diffusion area 13a of the window layer 13 and a positive electrode 15 is formed on the second main surface 11b of the substrate 11. On the side section side of the semiconductor substrate 11 on the second main surface 11b, such an inclined section 11c that the plane orientation of its exposed surface is adjusted to (112)-plane and inclined by 35.3° from the second main surface 11b is formed in a mirror finished surface by using an etchant preparing by mixing hydrochloric acid and nitric acid at a mixing ratio of 5:1 to 3:1 in volume.



特開平11-307806

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.^a

H 01 L 31/10

G 02 B 6/42

識別記号

F I

H 01 L 31/10

G 02 B 6/42

A

審査請求 未請求 請求項の数18 FD (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平10-124101

(22)出願日 平成10年(1998)4月17日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 松田 賢一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

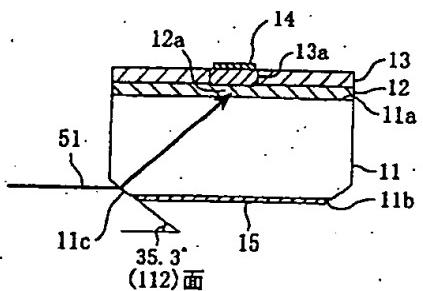
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54)【発明の名称】受光素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】側面入射型の受光素子であっても素子のサイズを小さくできるようにする。

【解決手段】n型InPからなる半導体基板11の第1主面11a上には、低濃度のn型InGaAsからなる光吸収層12及び低濃度のn型InPからなる窓層13が順次形成されている。窓層13における島状でp型の拡散領域13aの上には負電極14が形成され、半導体基板11における第2主面11bには正電極15が形成されている。第2主面11bにおける半導体基板11の側部側には、露出面の面方位が(112)面となり、第2主面11bに対して35.3°の角度をなす傾斜部11cが形成されており、該傾斜部11cは、塩酸と硝酸との体積比がほぼ5:1から3:1となるエッティング溶液を用いて鏡面状に形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の第1主面の上に受光部を形成する受光部形成工程と、

前記半導体基板の前記第1主面と反対側の面である第2主面の上にマスクパターンを形成するマスクパターン形成工程と、

前記マスクパターンを用いて前記第2主面に対してエッチングを行なうことにより、前記第2主面に対して約35°の角度を持つ傾斜部を形成するエッティング工程とを備えていることを特徴とする受光素子の製造方法。

【請求項2】 前記半導体基板はインジウムリンからなり、

前記第2主面の面方位は(001)面であり、
前記マスクパターン形成工程は、前記マスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、

前記エッティング工程は、塩酸と硝酸との体積比がほぼ5:1から3:1までの混合溶液を用いたウェットエッティングを行なう工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の受光素子の製造方法。

【請求項3】 半導体基板の第1主面の上に受光部を形成する受光部形成工程と、

前記半導体基板の前記第1主面と反対側の面である第2主面の上にマスクパターンを形成するマスクパターン形成工程と、

前記マスクパターンを用いて前記第2主面に対してエッティングを行なうことにより、前記第2主面に対して約45°の角度を持つ傾斜部を形成するエッティング工程とを備えていることを特徴とする受光素子の製造方法。

【請求項4】 前記半導体基板はインジウムリンからなり、

前記第2主面の面方位は(001)面であり、
前記マスクパターン形成工程は、前記マスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、

前記エッティング工程は、塩酸と酢酸と過酸化水素水とを含む混合溶液を用いたウェットエッティングを行なう工程を含むことを特徴とする請求項3に記載の受光素子の製造方法。

【請求項5】 半導体基板と、

前記半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、

前記半導体基板は、

前記第1主面と反対側の面である第2主面が削られることにより露出し、露出面が前記第2主面に対して約35°～45°の角度を持つ傾斜部を有し、

前記受光部は、

前記半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が前記傾斜部で屈折又は反射することにより受光することを特徴とする受光素子。

【請求項6】 前記傾斜部は、前記露出面が前記半導体基板の前記側部側に位置していることを特徴とする請求項5に記載の受光素子。

【請求項7】 前記傾斜部は、前記露出面が前記半導体基板における前記第2主面の中央部側に位置していることを特徴とする請求項5に記載の受光素子。

【請求項8】 前記第2主面の面方位は(001)面であり、

前記傾斜部の露出面の面方位は(112)面であることを特徴とする請求項5に記載の受光素子。

【請求項9】 前記第2主面の面方位は(001)面であり、
前記傾斜部の露出面の面方位は(101)面であることを特徴とする請求項5に記載の受光素子。

【請求項10】 半導体基板と、
前記半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、

前記半導体基板は、

前記第1主面と反対側の面である第2主面が削られることにより露出し、露出面が前記第2主面の側部側に位置する側部側傾斜部と、露出面が前記第2主面の中央部側に位置する中央部側傾斜部とを有し、
前記受光部は、

前記半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が前記側部側傾斜部で屈折し且つ前記中央部側傾斜部で反射することにより受光することを特徴とする受光素子。

【請求項11】 前記第2主面の面方位は(001)面であり、

前記側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位は(112)面であることを特徴とする請求項10に記載の受光素子。

【請求項12】 前記第2主面の面方位は(001)面であり、

前記側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位は(101)面であることを特徴とする請求項10に記載の受光素子。

【請求項13】 前記第2主面の面方位は(001)面であり、
前記側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位は(111)面であることを特徴とする請求項10に記載の受光素子。

【請求項14】 半導体基板と、
前記半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、

前記半導体基板は、

前記第1主面と反対側の面である第2主面が削られてなる傾斜部と、
前記第2主面に形成され、前記半導体基板をマウントに実装する際に実装されるマウントとの位置合わせに用いる位置合わせ用マークとを有し、

前記受光部は、

前記半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が前記傾斜部で屈折又は反射することにより受光することを特徴とする受光素子。

【請求項15】 前記位置合わせ用マークは、前記第2主面がエッチングされてなることを特徴とする請求項14に記載の受光素子。

【請求項16】 前記半導体基板の前記第2主面に形成された電極をさらに備え、

前記位置合わせ用マークは前記電極と同一の部材からなることを特徴とする請求項14に記載の受光素子。

【請求項17】 半導体基板と、

前記半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、

前記半導体基板は、

前記第1主面と反対側の面である第2主面が削られてなる傾斜部と、

前記傾斜部に形成され、前記半導体基板の側部側からの入射光の一部を通過させる開口部を持つ遮光膜とを有し、

前記受光部は、

前記入射光を前記入射光の一部が前記傾斜部で屈折又は反射することにより受光することを特徴とする受光素子。

【請求項18】 前記半導体基板の前記第2主面に形成された電極をさらに備え、

前記遮光膜は前記電極と同一の部材からなることを特徴とする請求項17に記載の受光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板の側面から入射した入射光を受光する受光素子に関し、特に、受光部が形成される第1主面と反対側の第2主面に形成された傾斜面で入射光を屈折又は反射させて入射光の光路を変更する側面入射型の受光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 波長が $1.3\mu m$ から $1.55\mu m$ 程度までの長波長帯域に感度を有する光ファイバ通信用受光素子には、InGaAs/InP系の化合物半導体を材料とするpinフォトダイオード素子が広く用いられている。

【0003】 pinフォトダイオード素子は、光ファイバとの接続方向に応じて入射光が受光部側から入射される表面入射型、又は受光部の反対側から入射される裏面入射型が一般的である。

【0004】 近年、半導体基板の側面から入射光が入射される受光素子が開発されている。この側面入射型受光素子は、フラットパッケージの台座面にポンディングされた受光素子に対して台座面に対して平行に光ファイバを取り付ける場合や半導体レーザ素子と同一の台座面に

ポンディングされた受光素子により該半導体レーザ素子からの後方への出射光をモニタする場合等に有用である。

【0005】 以下、従来の側面入射型受光素子であって、屈折又は反射による光路変換手段を素子内に備えたpinフォトダイオード素子について図面を参照しながら説明する。

【0006】 図13(a)及び(b)は特開平8-316506号公報に開示された従来のpinフォトダイオード素子の断面構成を示している。図13(a)に示すように、n型InPからなる半導体基板101の第1主面101a上には、n型InPからなるバッファ層102、低濃度のn型InGaAsからなる光吸収層103、及び低濃度のn型InPからなる窓層104が順次形成されている。

【0007】 窓層104にはZn等のp型不純物が島状に拡散されてなり、互いに間隔をおいた第1の拡散領域104a及び第2の拡散領域104bがそれぞれ形成されており、光吸収層103における第1の拡散領域104aの下側が受光領域103aとなる。従って、p型の第1の拡散領域104a、低濃度のn型の受光領域103a及びn型のバッファ層102によりpin接合が構成されている。

【0008】 第1の拡散領域104aの上には負電極105が形成され、第2の拡散領域104bの上には正電極106が形成されている。

【0009】 半導体基板101の第1主面101aと反対側の面である第2主面101bには、露出面が半導体基板101の側部側に位置する傾斜部101cが形成されている。従って、入射光201が傾斜部101cに対して第2主面101bと平行に入射されると、該入射光201は傾斜部101cで屈折して受光領域103aに到達する。

【0010】 このように、従来の受光素子は、第2主面101bと平行に入射される入射光を該第2主面101bに設けられた傾斜部101cで屈折させて入射光の光路を変更している。前記公報は、傾斜部101cの第2主面101bとのなす角度が 54.7° となる面方位の(111)面を用いることが好ましいとしている。これは、傾斜部101cの条件として、第2主面101bに對して所定の角度を有し且つ表面が平滑であることが求められるためである。

【0011】 半導体基板に所定の角度で且つ平滑面(鏡面)を持つような傾斜部101cを形成するには、所定の結晶面方位が露出するウエットエッチングを用いるのが最も簡便である。受光素子の製造には一般的に(001)面を主面とする半導体基板が用いられ、結晶面方位が露出するウエットエッチングを行なうと(111)面が露出する場合が多い。

【0012】 また、図13(b)に示す受光素子におい

て、図13(a)に示す構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付すことになると、半導体基板101の第2主面101bの中央部附近には露出面が中央部側に位置する傾斜部101dが形成されている。この場合には、第2主面101bと平行に入射される入射光を該第2主面101bに設けられた傾斜部101dで反射させて入射光の光路を変更しており、前記公報は、該傾斜部101dにも(111)面を用いることを示唆している。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の側面入射型の受光素子は、表面入射型及び裏面入射型の受光素子と比べて素子のチップサイズが大きくなるという問題がある。

【0014】具体的には、図13(a)に示す受光素子は、傾斜部101cに第2主面101bと54.7°の角度をなす(111)面を用いると、側部側からの入射光201が半導体基板101中で第2主面101bとなす角度が25.7°となる。ここで、半導体基板101の厚さを200μmとすると、入射光201が第1主面101aに達するためには正面方向に416μm進む必要がある。

【0015】すなわち、入射面から受光領域103aの中心までの距離は、受光領域103aの大小とは関わりなく416μm必要であることを表わしている。これは、直径が80μmの受光領域を有する受光素子の一般的なチップサイズが300μm角(入射端面から受光領域の中心までの距離は150μm)、受光領域の直径が300μmの受光素子の場合でもチップサイズは500μm角(入射端面から受光領域の中心までの距離は250μm)程度であるのに比べると極めて大きな値である。

【0016】一方、図13(b)に示す受光素子においては、傾斜部101dにおける反射後の入射光201の進行方向は第2主面101bの垂直方向から19.4°となり、半導体基板101の厚さを200μmとすると、入射光201が第1主面101aに達する間に正面方向に進む距離は70μmである。

【0017】また、前記公報には、受光素子を実装するための台座上に設けられたパターンと受光素子が形成された半導体基板101の端面とを位置合わせすることが記載されている。しかしながら、半導体基板101の端面と受光領域103aの距離とはフォトリソグラフィの精度ではなく、ダイシングの精度で決定されるため、その精度を高めることは困難である。従って、入射光の入射位置の制御が正確さを欠くことになり、入射光201の受光領域103aとの光学的結合効率が低下するという問題がある。

【0018】また、とりわけ側面入射型及び裏面入射型の受光素子は、光吸収層104における受光領域103

10

20

30

40

50

a以外の領域に光が入射すると電子-正孔対が発生し、この領域には電界が存在しないため、発生した正孔が拡散によって長時間移動することになり、その後、第1の拡散領域104aに到達する。従って、このように応答が極めて遅い光電流成分に起因するテールカレントが生じやすいという問題がある。

【0019】本発明は、前記従来の問題を解決し、側面入射型の受光素子であっても素子のサイズを小さくできるようにすることを第1の目的とし、入射光の位置制御を正確にできるようにすることを第2の目的とし、テールカレントを抑制できるようにすることを第3の目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明に係る第1の受光素子の製造方法は、前記第1の目的を達成し、半導体基板の第1主面の上に受光部を形成する受光部形成工程と、半導体基板の第1主面と反対側の面である第2主面の上にマスクパターンを形成するマスクパターン形成工程と、マスクパターンを用いて第2主面に対してエッチングを行なうことにより、第2主面に対して約35°の角度を持つ傾斜部を形成するエッチング工程とを備えている。

【0021】第1の受光素子の製造方法によると、半導体基板上に受光部を形成する第1主面と反対側の第2主面に該第2主面に対して約35°の角度を持つ傾斜部を形成するため、半導体基板の側部側からの入射光が半導体基板中で第2主面となす角度は41.0°となり、例えば、半導体基板の厚さを200μmとすると、入射光が第1主面に達するまでに進む正面方向の距離が230μmとなり、従来の54.7°の傾斜部の場合の416μmに比べて、入射光が正面方向に進む距離を短くできる。

【0022】第1の受光素子の製造方法において、半導体基板がインジウムリン(InP)からなり、第2主面の面方位が(001)面であり、マスクパターン形成工程がマスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、エッチング工程が塩酸と硝酸との体積比がほぼ5:1から3:1までの混合溶液を用いたウェットエッチングを行なう工程を含むことが好ましい。このようにすると、傾斜部の面方位に第2主面となす角度が35.3°で且つ鏡面状の(112)面を確実に得ることができる。

【0023】本発明に係る第2の受光素子の製造方法は、前記第1の目的を達成し、半導体基板の第1主面上に受光部を形成する受光部形成工程と、半導体基板の第1主面と反対側の面である第2主面上にマスクパターンを形成するマスクパターン形成工程と、マスクパターンを用いて第2主面に対してエッチングを行なうことにより、第2主面に対して約45°の角度を持つ傾斜部を形成するエッチング工程とを備えている。

【0024】第2の受光素子の製造方法によると、半導体基板上に受光部を形成する第1主面と反対側の第2主面に該第2主面に対して約45°の角度を持つ傾斜部を形成するため、半導体基板の側部側からの入射光が半導体基板中で第2主面となす角度は33.2°となり、例えば、半導体基板の厚さを200μmとすると、入射光が第1主面に達するまでに進む主面方向の距離が306μmとなり、従来の54.7°の傾斜部の場合の416μmに比べて入射光が主面方向に進む距離を短くできる。

【0025】第2の受光素子の製造方法において、半導体基板がInPからなり、第2主面の面方位が(001)面であり、マスクパターン形成工程が、マスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、エッチング工程が、塩酸と酢酸と過酸化水素水とを含む混合溶液を用いたウェットエッチングを行なう工程を含むことが好ましい。このようにすると、傾斜部の面方位に第2主面となす角度が45°で且つ鏡面状の(101)面を確実に得ることができる。

【0026】本発明に係る第1の受光素子は、前記第1の目的を達成し、半導体基板と、半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、半導体基板は、第1主面と反対側の面である第2主面が削られることにより露出し、露出面が該第2主面に対して約35°～45°の角度を持つ傾斜部を有し、受光部は半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が傾斜部で屈折し且つ中央部側傾斜部で反射することにより受光する。

【0027】第1の受光素子によると、半導体基板上の受光部が形成される第1主面と反対側の第2主面に該第2主面に対して約35°～45°の角度を持つ傾斜部を有しているため、半導体基板の側部側からの入射光が半導体基板中で第2主面となす角度が、従来の第2主面となす角度の54.7°の場合と比べて確実に大きくなるので、入射面から受光領域の中心部までの距離が短くなる。

【0028】第1の受光素子において、傾斜部はその露出面が半導体基板の側部側に位置していることが好ましい。このようにすると、半導体基板の側部側からの入射光を傾斜部に直接入射して屈折させることができる。

【0029】第1の受光素子において、傾斜部はその露出面が半導体基板における第2主面の中央部側に位置していることが好ましい。このようにすると、傾斜部の露出面が第2主面と約35°の角度をなす場合には、傾斜部で反射した後の入射光の進行方向が第2主面の垂直方向から19.4°となり、従来の54.7°の場合とは逆に反射光が入射側から遠ざかる方向に進む。従って、半導体基板の両側部いずれの側からでも入射光を入射することができる。

【0030】第1の受光素子において、第2主面の面方位が(001)面であり、傾斜部の露出面の面方位が

(112)面であることが好ましい。このようにすると、第2主面と傾斜部の露出面とがなす角度が確実に35.3°となる。

【0031】第1の受光素子において、第2主面の面方位が(001)面であり、傾斜部の露出面の面方位が(101)面であることが好ましい。このようにすると、第2主面と傾斜部の露出面とがなす角度が確実に45°となる。

【0032】本発明の第2の受光素子は、前記第1の目的を達成し、半導体基板と、半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、半導体基板は、第1主面と反対側の面である第2主面が削られることにより露出し、露出面が該第2主面の側部側に位置する側部側傾斜部と、露出面が該第2主面の中央部側に位置する中央部側傾斜部とを有し、受光部は半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が側部側傾斜部で屈折し且つ中央部側傾斜部で反射することにより受光する。

【0033】第2の受光素子によると、半導体基板上の受光部が形成される第1主面と反対側の面の第2主面に、露出面が該第2主面の側部側に位置する側部側傾斜部と露出面が該第2主面の中央部側に位置する中央部側傾斜部とを有しているため、各傾斜部の露出面の面方位に(111)面を用いたとしても、側部側からの入射光が側部側傾斜部で屈折し、さらに、中央部側傾斜部で反射した後の入射光の進行方向は第2主面の垂直方向から6.3°となるため、入射面から受光領域の中心部までの距離をより短くできる。

【0034】第2の受光素子において、第2主面の面方位は(001)面であり、側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位が(112)面であることが好ましい。

【0035】第2の受光素子において、第2主面の面方位は(001)面であり、側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位が(101)面であることが好ましい。

【0036】第2の受光素子において、第2主面の面方位は(001)面であり、側部側傾斜部及び中央部側傾斜部の各露出面の面方位が(111)面であることが好ましい。

【0037】本発明に係る第3の受光素子は、前記第2の目的を達成し、半導体基板と、半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、半導体基板は、第1主面と反対側の面である第2主面が削られてなる傾斜部と、第2主面に形成され、半導体基板をマウントに実装する際に実装されるマウントとの位置合わせに用いる位置合わせ用マークとを有し、受光部は半導体基板の側部側からの入射光を該入射光が傾斜部で屈折又は反射することにより受光する。

【0038】第3の受光素子によると、半導体基板上の受光部が形成される第1主面と反対側の第2主面に、半

導体基板をマウントに実装する際に実装されるマウントとの位置合わせに用いる位置合わせ用マークを有しているため、該位置合わせ用マークと受光部とがフォトリソグラフィの精度で位置合わせすることが可能となる。

【0039】第3の受光素子において、位置合わせ用マークは第2主面がエッチングされてなることが好ましい。

【0040】第3の受光素子が半導体基板の第2主面に形成された電極をさらに備え、位置合わせ用マークが電極と同一の部材からなることが好ましい。

【0041】本発明に係る第4の受光素子は、前記第3の目的を達成し、半導体基板と、半導体基板の第1主面上に形成された受光部とを備え、半導体基板は、第1主面と反対側の面である第2主面が削られてなる傾斜部と、傾斜部に形成され、半導体基板の側部側からの入射光の一部を通過させる開口部を持つ遮光膜とを有し、受光部は入射光を入射光の一部が傾斜部で屈折又は反射することにより受光する。

【0042】第4の受光素子によると、第2主面に設けられた傾斜部に、受光部に入射する入射光のみを通過させる開口部を持つ遮光膜を有しているため、一般に、第2主面に設けられた傾斜部の露出面に所定の結晶面を用いると、入射光の第2主面に対する垂直方向の屈折角を正確に制御できるので、受光部以外の半導体層（光吸收層）に入射光が到達することを防止できる。

【0043】第4の受光素子が半導体基板の第2主面に形成された電極をさらに備え、遮光膜が電極と同一の部材からなることが好ましい。

【0044】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）本発明の第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0045】図1は本発明の第1の実施形態に係る受光素子であって、p i n フォトダイオード素子の断面構成を示している。図1に示すように、n型InPからなる半導体基板11の第1主面11a上には、低濃度のn型InGaAsからなる光吸收層12及び低濃度のn型InPからなりバッシベーション膜としての窓層13が順次形成されている。

【0046】窓層13にはZn等のp型不純物が島状に拡散されてなる拡散領域13aが形成されている。従って、光吸收層12における拡散領域13aの下側が受光領域12aとなり、p型の拡散領域13a、低濃度のn型の受光領域12a及びn型の半導体基板11によりp i n接合が構成されている。

【0047】窓層13における拡散領域13aの上には、例えば、Ti/Pt/Auからなる負電極14が形成され、半導体基板11における第1主面11aと反対側の面である第2主面11bには、例えば、Au-Snからなる正電極15が中央部に広く形成されている。

【0048】さらに、第2主面11bにおける半導体基

板11の側部側には、第2主面11bに対して35.3°の角度をなす鏡面状の露出面を持つ傾斜部11cが形成されており、第2主面11bに平行に入射される入射光51が傾斜部11cで屈折し、屈折した入射光が受光領域12aに到達する。

【0049】ここで、半導体基板11の第2主面11bの面方位は(001)面であり、図1に示す半導体基板11の断面の面方位は(-110)面であり、傾斜部11cの露出面の面方位は(112)面である。

【0050】このように本実施形態によると、半導体基板11の側部側からの入射光51を屈折させる傾斜部11cの露出面がその面方位が(112)面となるように設けられているため、該露出面が第2主面11bと35.3°の角度をなしている。この場合には、入射光51が半導体基板11中で第2主面11bとなす角度が41.0°となるので、例えば、半導体基板11の厚さを200μmとすると、入射光51が第1主面11aに達するまでに進む主面方向の距離は230μmとなる。従って、半導体基板11の厚さが200μmの場合には、傾斜部11cの入射光51の入射位置と受光領域12aとの中心部の主面方向の距離を230μmとすればよい。

【0051】また、傾斜部11cの露出面の面方位が(101)面の場合には、該露出面は第2主面11bと45°の角度をなすことになる。この場合には、入射光51が半導体基板11中で第2主面11bとなす角度が33.2°となるので、半導体基板11の厚さを200μmとすると、入射光51が第1主面11aに達するまでに進む主面方向の距離は306μmとなる。従って、半導体基板11の厚さが200μmの場合には、傾斜部11cの入射光51の入射位置と受光領域12aの中心部の主面方向の306μmとすればよい。

【0052】すなわち、傾斜部11cの露出面が(112)面であっても(101)面であっても、従来の(111)面の場合と比べると入射面から受光領域12aの中心部までの距離が短くなり、受光素子の主面方向のチップサイズを小さくすることができる。

【0053】以下、前記のように構成された受光素子の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0054】図2(a)～(d)は第1の実施形態に係る受光素子であって、傾斜部11cの露出面に面方位が(112)面を持つ受光素子の製造方法の工程順の断面構成を示している。

【0055】まず、図2(a)に示すように、例えば、VPE法又はMOVPE法を用いて、n型InPからなり、面方位が(001)面の半導体基板11の第1主面11a上に、低濃度のn型InGaAsからなる光吸收層12及び低濃度のn型InPからなる窓層13を順次結晶成長させる。その後、窓層13に対してZn等のp型不純物を島状に拡散させることによりp型の拡散領域

13aを形成し、該拡散領域13aの上に、Ti/Pt/Auからなる負電極14を形成する。

【0056】次に、図2(b)に示すように、半導体基板11における第2主面11bに全面にわたってSiN等からなる薄膜を堆積し、両面露光機を用いたフォトリソグラフィにより第1主面11a上に形成された拡散領域13aと位置合わせされ、第2主面11bの側部側に、開口の方向が[-110]方向の開口部を有するエッチングマスク16を形成する。

【0057】次に、図2(c)に示すように、エッティングマスク16の開口部を通して塩酸と硝酸とを含む混合溶液を用い、半導体基板11の第2主面11bに対してウェットエッチングを行なうことにより、露出面の面方位が(112)面のとなり、第2主面11bと約35°の角度をなすように傾斜部11cを形成する。

【0058】ここで、混合溶液に含まれる塩酸と硝酸との体積比をほぼ5:1から3:1の間とすることが好ましい。次に、図2(d)に示すように、エッティングマスク16を除去し、その後、第2主面11b上に、Au-Snからなる正電極15を形成する。

【0059】なお、図13(b)に示したように、傾斜部11cを第2主面11bの中央部側に露出するように設けてもよい。

【0060】以下、図2(c)のウェットエッチング工程で用いるエッティング溶液の組成、すなわち、塩酸と硝酸との体積比を段階的に変えながら半導体基板11に対してエッチングを行ない、各組成ごとのエッティング溶液による露出面の平坦性を図面を参照しながら説明する。

【0061】図3～図7は、InPからなり面方位が(001)面の半導体基板上に、開口部の方向が[-110]方向のエッティングマスクを形成し、塩酸と硝酸との混合溶液の体積比を変えながら1分30秒間のエッチングを行なった際の露出面を微分干渉顕微鏡を用いて撮影した顕微鏡写真である。

【0062】まず、図3は塩酸のみを含むエッティング溶液を用いた場合における断面V字形状の2つの傾斜部であって、図3(a)は傾斜部の断面の様子を示し、図3(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの平面の様子を示している。

【0063】塩酸が100%の場合には、図3(a)に示すように、各露出面の平坦性は良好であるが、図3(b)に示すように、面方位が確実に現われるため、エッティングマスクが[-110]方向からわずかでもずれると露出面に縞状の微細な凹凸形状が生じる。

【0064】次に、硝酸の比率を段階的に上昇させながらエッティングを行なった際の露出面の様子を示す。

【0065】図4はエッティング溶液に含まれる塩酸と硝酸との体積比を5:1とした場合であって、図4(b)に示すように露出面に生じる縞状の微細な凹凸形状が若干緩和されている。

【0066】次に、図5は塩酸と硝酸との体積比を4:1とした場合であって、図5(b)に示すように露出面上に生じる縞状の凹凸形状がさらに緩和されている。

【0067】次に、図6は塩酸と硝酸との体積比を3:1とした場合であって、図6(b)に示すように縞状の凹凸形状がほとんど観察されなくなるものの、図6(a)に示すように露出面上に凹状の湾曲部が形成され始め、平坦性が若干劣化する。この湾曲部は、図6(b)に示すように、傾斜部が延びる方向に沿って1本の縞となって現われている。

【0068】次に、図7は塩酸と硝酸との体積比を2:1とした場合であって、図7(a)に示すように露出面上の凹状の湾曲部がさらに拡大している。

【0069】このように、硝酸の比率を高めていくと、傾斜部の上部の面方位が(112)面からずれるため、より急な斜面となって湾曲してしまう。従って、平坦性に優れ且つ正確な(112)面を露出させるには、エッティング溶液に含まれる塩酸と硝酸との体積比をほぼ5:1から3:1の間とすればよいことが分かる。

【0070】(第2の実施形態)以下、本発明の第2の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0071】図8は第2の実施形態に係る受光素子の底面構成を示している。図8に示すように、半導体基板の第2主面11bにおける、側部側には傾斜部11cが形成され、中央部には正電極15及び第2主面11bが凹凸状にエッチングされてなる位置合わせ用マークが選択的に形成されている。さらに、傾斜部11c及び正電極15は、半導体基板の上面(第1主面側)及び下面(第2主面側)の両面パターンを同時に位置合わせが可能な両面露光機を用いて第1主面側の受光領域と互いに位置合わせされている。

【0072】具体的な位置合わせ方法は、まず、両面露光機を用いて第1主面側の受光領域と位置合わせを行なって、半導体基板の第2主面11b上に傾斜部11c用のエッティングマスクを形成し、その後、第2主面に対して該エッティングマスクを用いたエッチングを行なって、傾斜部11cと同時に第2主面11b上に平面かぎ状で凹凸パターンからなる位置合わせ用マーク17を形成する。

【0073】次に、通常の露光機を用いて位置合わせ用マーク17の位置合わせを行なって正電極15を形成する。その後、受光素子を実装する台座(マウント)と位置合わせ用マーク17とを位置合わせすれば、半導体基板のへき開面からなる端面を用いることなく、受光素子を台座に対して高精度でボンディングすることができるため、入射光の位置制御の精度を向上できるので、入射光の受光領域との光学的結合効率を確実に向上させることができる。

【0074】ここで、傾斜部11cと正電極15との形成順序は逆であってもよく、この場合には、位置合わせ

用マーク17を電極パターンと同一に部材を用いて形成してもよい。

【0075】このように、台座との実装位置の位置合わせをダイシングの精度ではなく、フォトリソグラフィの精度で行なえる上に、傾斜部形成用のエッチング工程又は正電極形成工程において位置合わせ用マーク17を形成できるため、新たな工程をわざわざ設ける必要がなく、製造コストの負担とならない。

【0076】なお、本実施形態は、第1の実施形態に係る受光素子に位置合わせ用マーク17を設けたが、第2主面11b上に設けられた位置合わせ用マーク17を有することを特徴としており、傾斜部11cの露出面の角度にはこだわらない。

【0077】(第3の実施形態)以下、本発明の第3の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0078】図9は第3の実施形態に係る受光素子の底面構成を示している。図9に示すように、半導体基板の第2主面11bにおける、側部側には傾斜部11cが形成されると共に全面にわたって正電極15が形成されている。

【0079】傾斜部11cには、正電極15と同一部材からなり中央部に開口部18aを有する遮光膜18が形成されている。

【0080】傾斜部11c、正電極15及び遮光膜18は、半導体基板の上面(第1主面側)及び下面(第2主面側)の両面パターンを同時に位置合わせが可能な両面露光機を用いて第1主面側の受光領域と互いに位置合わせられている。

【0081】側面入射型受光素子においては、傾斜部11cに所定の結晶面を用いれば、入射光の第2主面11bに垂直方向の屈折角を正確に制御できると共に、入射光の方向と第2主面11bの方向との角度を正確に制御すれば、入射光の傾斜部11cの入射位置と入射光が光吸收層に達する際の面内位置とが正確に対応する。

【0082】従って、本実施形態に係る受光素子は、入射光が傾斜部11cに設けられた遮光膜18の開口部18aを通して入射されるため、傾斜部11cに所定の結晶面、例えば(112)面を用い、且つ、遮光膜18の開口部18aを入射光が受光領域に確実に入射する位置に設定すれば、受光領域以外の光吸收層に入射光が入射されにくくなるので、テールカレントを抑制できる。

【0083】なお、本実施形態は、第1の実施形態に係る受光素子に遮光膜18を設けたが、入射光51の入射面に設けられた開口部18aを持つ遮光膜18を有することを特徴としており、傾斜部11cの露出面の角度にはこだわらない。

【0084】また、第2主面11b上に第2の実施形態に示したような位置合わせ用マーク17を設けてよい。

【0085】(第4の実施形態)以下、本発明の第4の

実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0086】図10は本発明の第4の実施形態に係る受光素子であって、pinフォトダイオード素子の断面構成を示している。図10に示すように、n型InPからなる半導体基板21の第1主面21a上には、低濃度のn型InGaAsからなる光吸收層22及び低濃度のn型InPからなりバッシベーション膜としての窓層23が順次形成されている。

【0087】窓層23にはZn等のp型不純物が島状に拡散されてなる拡散領域23aが形成されている。従って、光吸收層22における拡散領域23aの下側が受光領域22aとなり、p型の拡散領域23a、低濃度のn型の受光領域22a及びn型の半導体基板21によりpin接合が構成されている。

【0088】窓層23における拡散領域23aの上には負電極24が形成され、半導体基板21の第2主面21bには、正電極25が形成されると共に露出面が中央部側に位置する傾斜部21dが形成されている。

【0089】外部からの第2主面21bと平行な入射光51は、半導体基板21の側部側の端面から半導体基板21内に入射され、傾斜部21dで反射され受光領域22aに到達する。ここで、半導体基板21の第2主面21bの面方位は(001)面であり、図10に示す断面の面方位は(-110)面であり、傾斜部21dの露出面の面方位は(112)面である。傾斜部21dの露出面は(112)面であるため、第2主面21bと35.3°の角度をなしている。この場合は、一方の傾斜部21dで反射した後の入射光51の進行方向が第2主面と垂直な方向から進行方向(後方)に19.4°ずれるので、入射面から遠ざかる方向に傾斜して進む。

【0090】これにより、例えば、半導体基板21の厚さが200μmの場合には、傾斜部21d上の入射光51の反射位置と受光領域22aとの中心部の第2主面方向の距離が70μmとなる。

【0091】さらに、本受光素子は受光領域22aを中心位置として左右対称の構成を有しており、入射光51が半導体基板21の反対側の端面から入射した場合も、他方の傾斜部21eでの反射光が受光領域22aに入射される。従って、組み立て時に受光素子の入射面の向きを所定方向に整列させる必要がなくなる等、応用上の自由度を高めることができる。

【0092】以下、前記のように構成された受光素子の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0093】図11(a)～(d)は第4の実施形態に係る受光素子であって、傾斜部21dの露出面に面方位が(112)面を持つ受光素子の製造方法の工程順の断面構成を示している。

【0094】まず、図11(a)に示すように、例えば、VPE法又はMOVPE法を用いて、n型InPからなり、面方位が(001)面の半導体基板21の第1

正面21a上に、低濃度のn型InGaAsからなる光吸収層22及び低濃度のn型InPからなる窓層23を順次結晶成長させる。その後、窓層23に対してZn等のp型不純物を島状に拡散させることによりp型の拡散領域23aを形成し、該拡散領域23aの上に負電極24を形成する。

【0095】次に、図11(b)に示すように、半導体基板21における第2正面21bに全面にわたってSiN等からなる薄膜を堆積し、両面露光機を用いたフォトリソグラフィにより第1正面21a上に形成された拡散領域23aと位置合わせされ、第2の正面21bの中央部に、開口の方向が[-110]方向の開口部を有するエッチングマスク26を形成する。

【0096】次に、図11(c)に示すように、エッチングマスク26の開口部を通して塩酸と硝酸とを含む混合溶液を用い、半導体基板21の第2正面21bに対してウェットエッチングを行なうことにより、露出面の面方位が(112)面となり、第2正面21bと約35°の角度をなすように傾斜部21dを形成する。ここで、前述したように、塩酸と硝酸との体積比がほぼ5:1から3:1の間のエッチング溶液を用いることが好ましい。次に、図11(d)に示すように、エッチングマスク26を除去し、その後、第2正面21b上に正電極25を形成する。

【0097】一方、第2正面21dの傾斜部21dを露出面の面方位が(101)面となるように設けることもできる。傾斜部21dの露出面に第2正面21bとなす角度が45°となる(101)面を得るには、塩酸と酢酸と過酸化水素との体積比がほぼ1:2:1であるエッチング溶液を用いればよい。このようにすると、傾斜部21dにスムーズで且つ正確な面方位(101)面を露出させることができる。

【0098】また、第1の実施形態に示したような第2正面21bの側部側に傾斜部11cを有する受光素子であっても、エッチング溶液に塩酸と酢酸と過酸化水素との体積比がほぼ1:2:1であるエッチング溶液を用いれば、傾斜部11dにスムーズで且つ正確な面方位(101)面を露出させることはいうまでもない。

【0099】なお、第2正面21b上に第2の実施形態に示したような位置合わせ用マーク17を設けてよい。

【0100】(第5の実施形態)以下、本発明の第5の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0101】図12は本発明の第5の実施形態に係る受光素子であって、pinフォトダイオード素子の断面構成を示している。図12に示すように、n型InPからなる半導体基板31の第1正面31a上には、低濃度のn型InGaAsからなる光吸収層32及び低濃度のn型InPからなりパッシベーション膜としての窓層33

が順次形成されている。

【0102】窓層33にはZn等のp型不純物が島状に拡散されてなる拡散領域33aが形成されている。従って、光吸収層32における拡散領域13aの下側が受光領域32aとなり、p型の拡散領域33a、低濃度のn型の受光領域32a及びn型の半導体基板31によりpin接合が構成されている。

【0103】窓層33における拡散領域33aの上には負電極34が形成され、半導体基板31の第2正面31bには、正電極35が形成されると共に、露出面が側部側に位置する側部側傾斜部31cと露出面が中央部側に位置する中央部側傾斜部31dとがそれぞれ形成されている。

【0104】外部からの第2正面31bと平行な入射光51は、側部側傾斜部31cから半導体基板31内に屈折して入射され、この屈折光は中央部側傾斜部31dで反射され受光領域32aに到達する。ここで、半導体基板31の第2正面31bは面方位が(001)面であり、図12に示す断面の面方位は(-110)面であり、側部側傾斜部31c及び中央部側傾斜部31dの各面方位は共に(111)面である。

【0105】側部側傾斜部31c及び中央部側傾斜部31dの各面方位は(111)面であるため、第2正面31bと54.7°の角度をなす。この(111)面は臭素とメタノールの混合液、又は臭化水素酸などによるウェットエッチングを行なえば露出させることができる。

【0106】このようにすると、入射光51の側部側傾斜部31cにおける屈折光が第2正面31bとなす角度が25.7°となり、さらに、中央部側傾斜部31dにおける反射光の進行方向が第2正面31bの垂直方向から6.3°となる。従って、例えば、半導体基板31の厚さが200μmの場合には、中央部側傾斜部31dの入射光51の反射位置と受光領域32aの中心部の正面方向の距離は22μmとなる。このため、入射面(側部側傾斜部31c)から受光領域32aの中心部までの距離を短くできるので、受光素子の正面方向のチップサイズを小さくできる。

【0107】なお、側部側傾斜部31c及び中央部側傾斜部31dの各面方位を(112)面又は(101)面としてもよい。

【0108】また、第2正面31b上に第2の実施形態に示したような位置合わせ用マーク17を設けてよく、さらには、側部側傾斜部31c上に第3の実施形態に示したような開口部18aを持つ遮光膜18を設けてよい。

【0109】

【発明の効果】本発明の第1又は第2の受光素子の製造方法によると、第2正面に形成する傾斜部の角度を従来よりも小さくなるように形成するため、入射光が正面方向に進む距離を短くできるので、正面方向のチップサイ

ズを小さくすることができる。

【0110】第1の受光素子の製造方法において、半導体基板がInPからなり、第2主面の面方位が(001)面であり、マスクパターン形成工程が、マスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、エッチング工程が塩酸と硝酸との体積比がほぼ5:1から3:1までの混合溶液を用いたウェットエッチングを行なう工程を含むと、傾斜部の面方位に第2主面となす角度が35.3°で且つ鏡面状の(112)面を確実に得ることができる。

【0111】第2の受光素子の製造方法において、半導体基板がInPからなり、第2主面の面方位が(001)面であり、マスクパターン形成工程が、マスクパターンの開口部の方向をほぼ[-110]方向とする工程を含み、エッチング工程が、塩酸と酢酸と過酸化水素水とを含む混合溶液を用いたウェットエッチングを行なう工程を含むと、傾斜部の面方位に第2主面となす角度が45°で且つ鏡面状の(101)面を確実に得ることができる。

【0112】本発明の第1の受光素子によると、第2主面に該第2主面に対して約35°～45°の角度を持つ傾斜部を有しているため、半導体基板の側部側からの入射光が半導体基板中で第2主面となす角度が、従来の第2主面となす角度の54.7°の場合と比べて確実に大きくなる。これにより、入射面から受光領域の中心部までの距離が短くなるため、入射光が主面方向に進む距離を短くできるので、主面方向のチップサイズが小さくなる。

【0113】第1の受光素子において、傾斜部の露出面が半導体基板の側部側に位置していると、半導体基板の側部側からの入射光を傾斜部に直接入射して屈折させることができる。

【0114】第1の受光素子において、傾斜部の露出面が半導体基板における第2主面の中央部側に位置していると、傾斜部の露出面が第2主面と約35°の角度となす場合には、傾斜部で反射した後の入射光の進行方向が第2主面の垂直方向からの角度が19.4°となり、従来の54.7°の場合とは逆に反射光が入射側から遠ざかる方向に進むため、半導体基板の両側部いずれの側からでも入射光を入射することができる。

【0115】第1の受光素子において、第2主面の面方位が(001)面であり、傾斜部の露出面の面方位が(112)面であると、第2主面と傾斜部の露出面となす角度が確実に35.3°となる。

【0116】第1の受光素子において、第2主面の面方位が(001)面であり、傾斜部の露出面の面方位が(101)面であると、第2主面と傾斜部の露出面となす角度が確実に45°となる。

【0117】本発明の第2の受光素子によると、第2主面に設けられた2つの傾斜部の露出面の面方位に(11

1)面を用いたとしても、側部側からの入射光が側部側傾斜部で屈折し、さらに、中央部側傾斜部で反射した後の入射光の進行方向は第2主面の垂直方向からの角度が6.3°となるため、入射面から受光領域の中心部までの距離をより短くできるので、入射光が主面方向に進む距離を短くできるので、主面方向のチップサイズが小さくなる。

【0118】本発明の第3の受光素子によると、第2主面に、半導体基板をマウントに実装する際に該マウントとの位置合わせに用いる位置合わせ用マークを有しているため、該位置合わせ用マークと受光部とがフォトリソグラフィの精度で位置合わせすることができるので、入射光の位置制御の精度が向上し、入射光の受光部に対する結合効率を高めることができる。

【0119】第3の受光素子において、位置合わせ用マークが第2主面をエッチングされてなると、傾斜部のエッチング時に位置合わせ用マークを形成できるので、新たな工程を追加する必要がない。

【0120】第3の受光素子が半導体基板の第2主面に形成された電極をさらに備え、位置合わせ用マークが電極と同一の部材からなると、第2主面の電極形成時に位置合わせ用マークを形成できるので、新たな工程を追加する必要がない。

【0121】本発明の第4の受光素子によると、受光部に入射する入射光のみを通過させる開口部を持つ遮光膜を有しているため、入射光の第2主面に対する垂直方向の屈折角を正確に制御できるので、受光部以外の半導体層(光吸收層)に入射光が到達することを防止でき、その結果、テールカレントを防止することができる。

【0122】第4の受光素子が半導体基板の第2主面に形成された電極をさらに備え、遮光膜が電極と同一の部材からなると、第2主面の電極形成時に遮光膜を形成できるので、新たな工程を追加する必要がない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る受光素子を示す構成断面図である。

【図2】(a)～(d)は本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法の工程順の構成断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法において、塩酸のみを含むエッチング溶液を用いた場合の断面V字形状の2つの傾斜部の顕微鏡写真であって、(a)は傾斜部の断面の様子を示し、(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの傾斜部の平面の様子を示している。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法において、塩酸と硝酸との体積比が5:1のエッチング溶液を用いた場合の断面V字形状の2つの傾斜部の顕微鏡写真であって、(a)は傾斜部の断面の様子を示し、(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの傾斜部の平面の様子を示している。

19

【図5】本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法において、塩酸と硝酸との体積比が4:1のエッチング溶液を用いた場合の断面V字形状の2つの傾斜部の顕微鏡写真であって、(a)は傾斜部の断面の様子を示し、(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの傾斜部の平面の様子を示している。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法において、塩酸と硝酸との体積比が3:1のエッチング溶液を用いた場合の断面V字形状の2つの傾斜部の顕微鏡写真であって、(a)は傾斜部の断面の様子を示し、(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの傾斜部の平面の様子を示している。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る受光素子の製造方法において、塩酸と硝酸との体積比が2:1のエッチング溶液を用いた場合の断面V字形状の2つの傾斜部の顕微鏡写真であって、(a)は傾斜部の断面の様子を示し、(b)は2つの傾斜部のうちの一方の露出面の垂直方向からの傾斜部の平面の様子を示している。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る受光素子を示す底面図である。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る受光素子を示す底面図である。

【図10】本発明の第4の実施形態に係る受光素子を示す構成断面図である。

【図11】(a)～(d)は本発明の第4の実施形態に係る受光素子の製造方法の工程順の構成断面図である。

【図12】本発明の第5の実施形態に係る受光素子を示す構成断面図である。

【図13】(a)及び(b)は従来の側面入射型のp-i-nフォトダイオード素子を示す構成断面図である。

【符号の説明】

11 半導体基板 (InP)

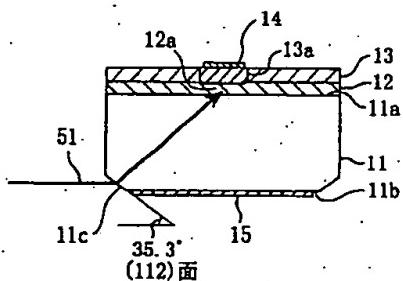
11a 第1主面

11b 第2主面

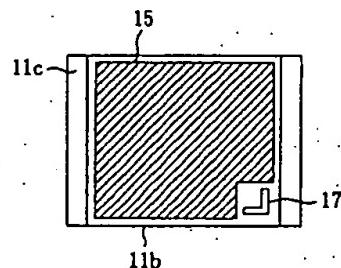
11c 傾斜部

- | | |
|-----|-------------|
| 12 | 光吸收層 |
| 12a | 受光領域 (受光部) |
| 13 | 窓層 |
| 13a | 拡散領域 |
| 14 | 負電極 |
| 15 | 正電極 |
| 16 | エッチングマスク |
| 17 | 位置合わせ用マーク |
| 18 | 遮光膜 |
| 18a | 開口部 |
| 21 | 半導体基板 (InP) |
| 21a | 第1主面 |
| 21b | 第2主面 |
| 21d | 傾斜部 |
| 21e | 傾斜部 |
| 22 | 光吸收層 |
| 22a | 受光領域 (受光部) |
| 23 | 窓層 |
| 23a | 拡散領域 |
| 24 | 負電極 |
| 25 | 正電極 |
| 26 | エッチングマスク |
| 31 | 半導体基板 (InP) |
| 31a | 第1主面 |
| 31b | 第2主面 |
| 31c | 側部側傾斜部 |
| 31d | 中央部側傾斜部 |
| 32 | 光吸收層 |
| 32a | 受光領域 (受光部) |
| 33 | 窓層 |
| 33a | 拡散領域 |
| 34 | 負電極 |
| 35 | 正電極 |
| 51 | 入射光 |

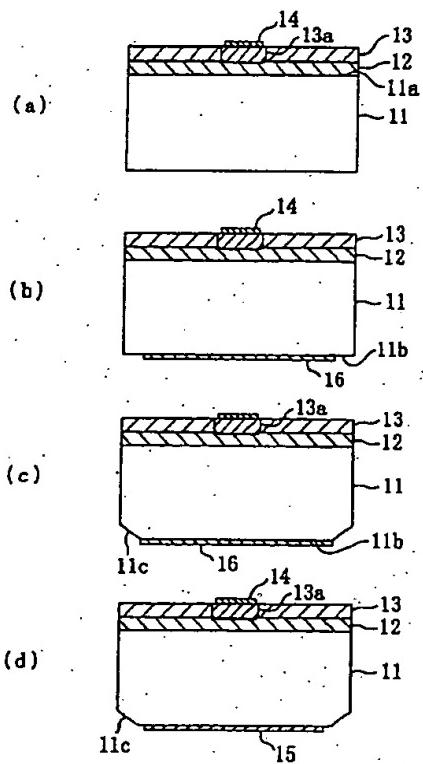
【図1】



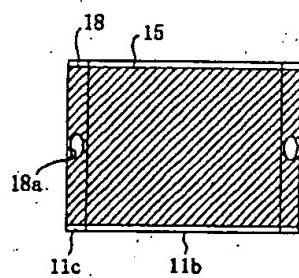
【図8】



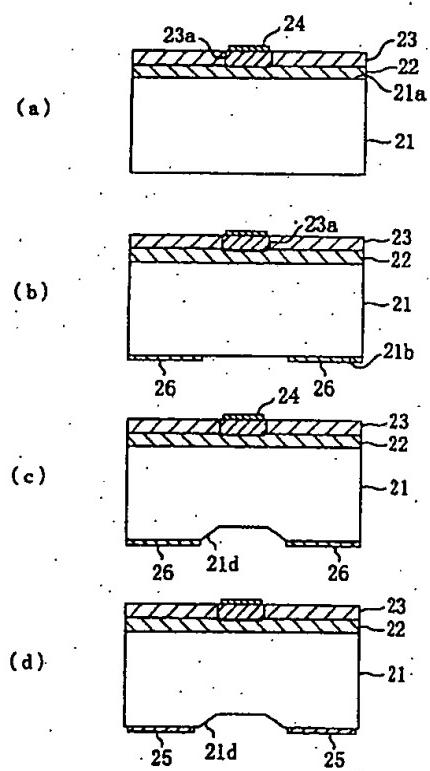
【図2】



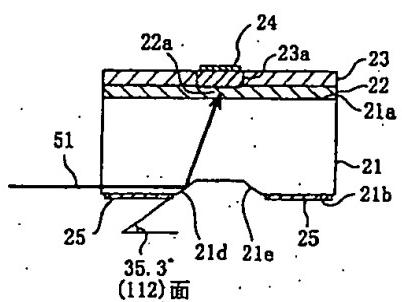
【図9】



【図11】



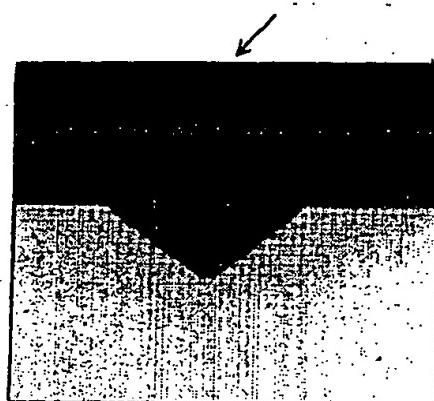
【図10】



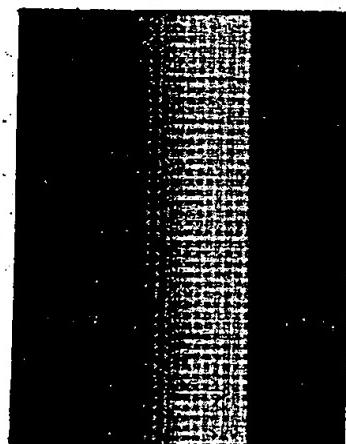
【図3】

図面代用写真

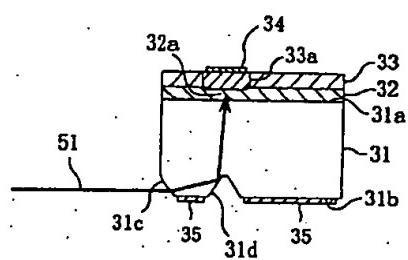
(a)



(b)



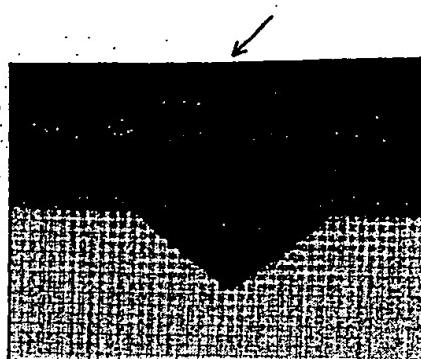
【図12】



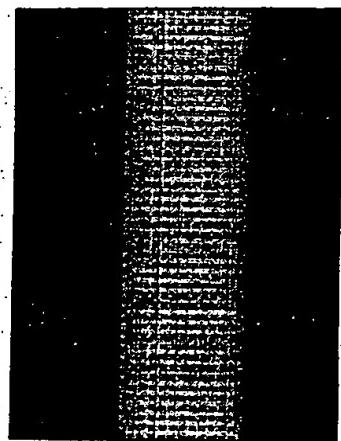
【図4】

図面代用写真

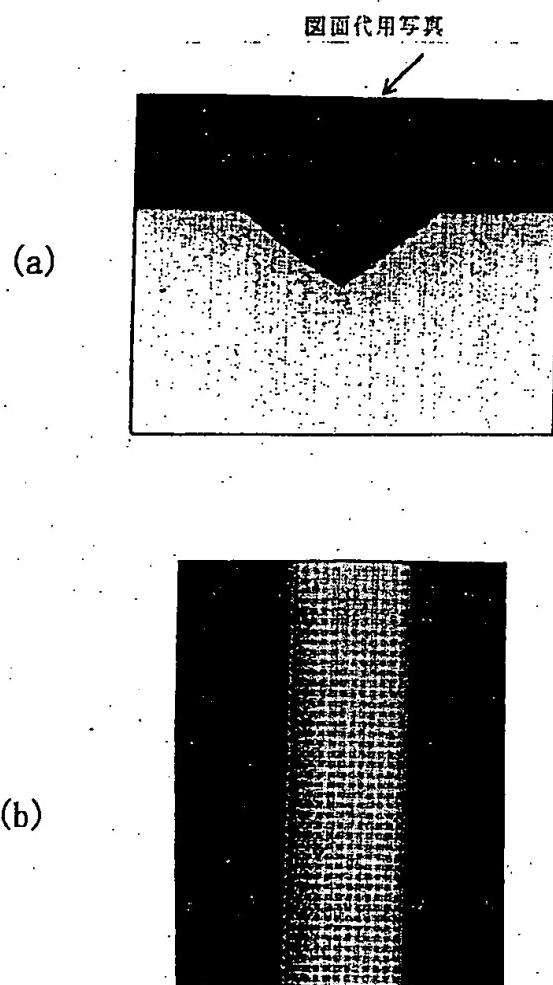
(a)



(b)



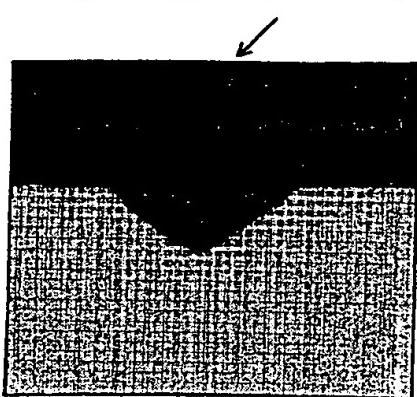
[図5]



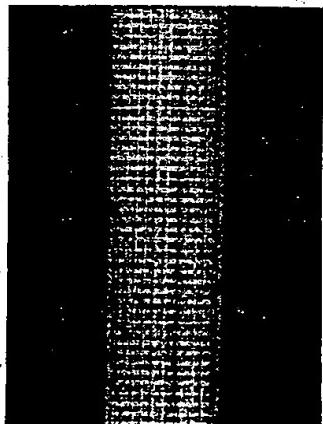
【図6】

図面代用写真

(a)



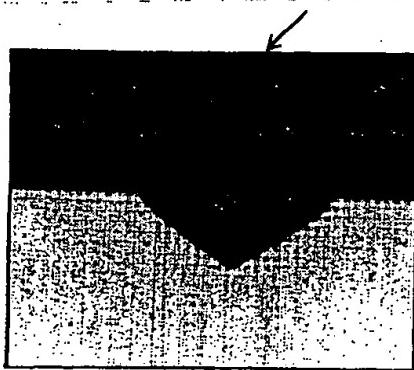
(b)



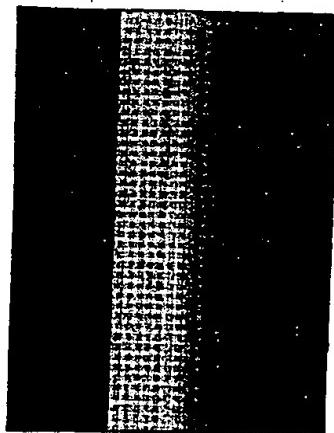
〔図7〕

図面代用写真

(a)



(b)



【図13】

